Centre Universitaire de Maghnia-Tlemcen
Melle CHAREB-YSSAAD Ismahane

Technologie de base

Licence 2 : Hydraulique

ismahane4@yahoo.fr

ismahane.charebyssaad@mail.univ-tlemcen.dz

TECHNOLOGIE DE BASE

Chapitre 3
Canalisation d’eau

Chapitre 3
Canalisation d'eau

Sommaire

Le réseau d'alimentation en eau potable :

La distribution de l'eau s'effectue à l'aide des réseaux enterrés constitués de conduites et de canalisations sous pression qui comprennent des :

- conduites et pièces spéciales (ventouses et vidanges, tés, coudes, réduction, etc.) ;
- appareils de robinetterie : vannes, clapets ;
- appareils de mesure : compteurs, débitmètres ;
- appareils de fontainerie : bouches d'incendie.

❖ **La classification des conduites du réseau de distribution :**Un réseau de distribution est constitué en générale par un ensemble de conduites, on distingue :

- Les conduites maîtresses reliant le réservoir aux centres de distribution qui ont les plus grands diamètres.
- Les conduites secondaires de transit assurent la liaison entre conduites maîtresses et points de consommation éloignes dont le rôle est d'assurer la répartition des débits à l'intérieur d'une zone de distribution. Les dispositifs de défense contre l'incendie y sont connectés et les raccordements des points de livraison y sont tolérés.
- Les conduites d'alimentation tertiaires recevant les quantités d'eau destinées aux usagers. C'est sur ces conduites que sont installés la plupart des points de livraison : branchements privés, bornes fontaines.

❖ **Caractéristiques des canalisations**

1. **Le matériau constitutif :** Trois considérations sont essentielles pour le choix du matériau des canalisations :

- la sécurité de service,
- la longévité,
- le facteur économique.

Il existe trois grandes familles de matériaux :

❖ **Les matériaux métalliques :** Conduites en métal ferreux : fonte grise ou ductile, acier, plomb, cuivre, acier galvanisé…

Interactions complexes : les réactions de corrosion conduisent toutes à l'émission d'ions métalliques dans l'eau et entrainent :

➢ La formation d'hydoxycarbonates ou d'hdroxyphosphates peu solubles pour les matériaux comme le plomb, le cuivre et le zinc
➢ La précipitation des ions ferriques pouvant provoquer le percement des parois des conduites en métal ferreux
➢ La formation d'incrustations (diminution du diamètre)

❖ **Les matériaux à base de ciment :** Conduite en béton armé ou précontraint, revêtement en mortier de ciment. La porosité de ces matériaux entraine la dissolution des bases et la chaux contenues dans le matériau par l'eau retenue dans les pores .en causant l'augmentation du PH surtout les mois qui suivent la mise en service du réseau.

❖ **Les matériaux organiques :** conduites en matériaux plastiques et revêtement organiques. Les interactions entre ces matériaux et l'eau se limitent le plus généralement à la migration de substances présentes dans le matériau (relargage de métaux lourds, d'hydrocarbures, de solvants,…) .

Pour les conduites maîtresses, les matériaux les mieux adaptés sont la fonte ductile, le béton armé et l'acier, par contre, pour les conduites secondaires, on choisit des tuyaux en acier, polyéthylène (PE) et le PVC à joints flexibles.

2. **Le diamètre nominal DN :** Le diamètre nominal DN désigne le diamètre intérieur **D_{int}** pour la fonte, l'acier et le béton Et le diamètre extérieur ***Dext*** pour le PVC et le PE .

Figure (III- 1) : Diamètre nominal d'une conduite en PVC

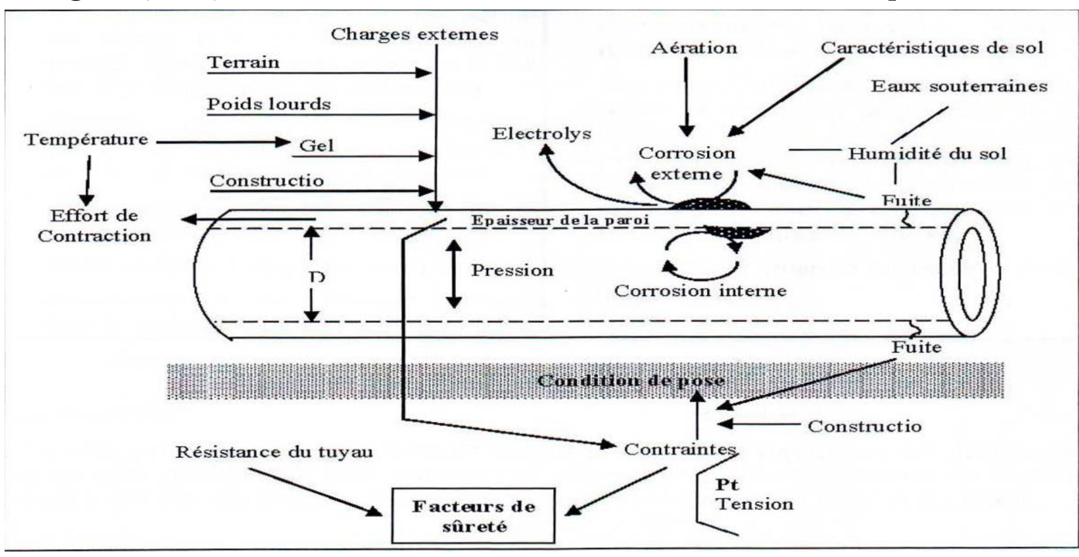


3. **Pression Nominale**

- **Les pressions nominales PN :** Elles sont définies par les épaisseurs des parois des canalisations **PN, PFA , PMA**
- **PFA :Pression interne de fonctionnement admissible :** Pression interne , non compris le coup de bélier , qu'un composant peut supporter en toute sécurité de façon continue en régime hydraulique permanent
- **PMA :Pression maximale admissible :** Pression interne maximale, y compris le coup de bélier, qu'un composant peut supporter de façon sûre en service

4. **Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation :** Les éléments influençant l'apparition des fuites sont :

Figure (III-2) : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable



- **Les éléments propres à la canalisation :** Comme le : Diamètre, type de matériau, type de joint et la corrosion interne .
- **Figure (III- 3) :** Corrosion des canalisation d'eau



- **Les éléments extérieurs aux réseaux :** Les facteurs liés à l'extérieur de la canalisation sont : La corrosion externe , Les courants vagabonds, L'hétérogénéité par contact au niveau des raccordements de canalisation de matériaux différents , L'hétérogénéité de surface du non respect des conditions de pose (Un choc lors de pose, peut provoquer une altération surfacique ou une discontinuité locale et création d'un phénomène de pile électrique , L'hétérogénéité du sol (lorsqu'une canalisation traverse des sols différents, il peut se créer une pile géologique dans laquelle la parie de la canalisation se trouvant dans le terrain le moins aéré devient anodique et se corrode) , Les mouvements de sol et le trafic , Les charges du terrain
- **Les éléments liés à l'exploitation des réseaux :** La vitesse de l'écoulement, La pression, La température de l'eau, Les conditions d'exploitation, Les manœuvres sur réseau

Le phénomène du coup de bélier : est très violent et est dû à la circulation d'une onde de pression ou dépression dans les conduites suite à l'ouverture ou fermeture brusque d'une vanne ; ou la coupure de l'alimentation en électricité ce qui engendre une coupure de pompage brusque. Ce phénomène peut fragiliser dangereusement les conduites

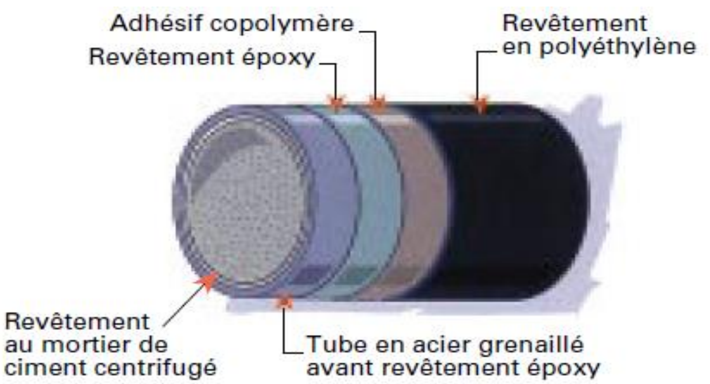
III.1 Canalisation en acier

L'acier est constitué de fer combiné au carbone, le pourcentage de carbone étant compris de 0,1 et 1,7%. L'élasticité de l'acier, déterminée par l'épaisseur du corps et la nuance d'acier utilisée, est plus importante que celle de la fonte. Il résiste bien aux efforts de flexion.

1. **Diamètres :** L'acier se prête à la fabrication de conduites de très grand diamètre (3 000 mm et plus).
2. **Revêtements :** La tenue à a corrosion de l'acier est relativement faible. Les tuyaux seront dons protégés à l'intérieur et à l'extérieur.
   - Deux types de revêtements intérieurs sont appliqués pour assurer une protection conter la corrosion : le mortier de ciment pour les petits diamètres (80 à 600 mm) conforme pour l'eau potable, aux normes NF A 49-701 et NF P 15-301 et la résine époxy pour les grands diamètres (500 à 2500 mm) à condition que les matériaux soient de qualité alimentaire.
   - Les revêtements extérieurs sont tri-couches (norme NF A 49-710) :
     1. une couche de résine époxy de forte adhérence à l'acier et de bonne résistance chimique appliquée par poudrage électrostatique ;
     2. un adhésif copolymère appliqué par extrusion ;
     3. une troisième couche en polyéthylène (ou polypropylène) également appliqué par extrusion.

   Malgré cela, l'acier nécessite une protection cathodique contre la corrosion extérieure.

Figure (III-4) : Tuyau en acier : constitution

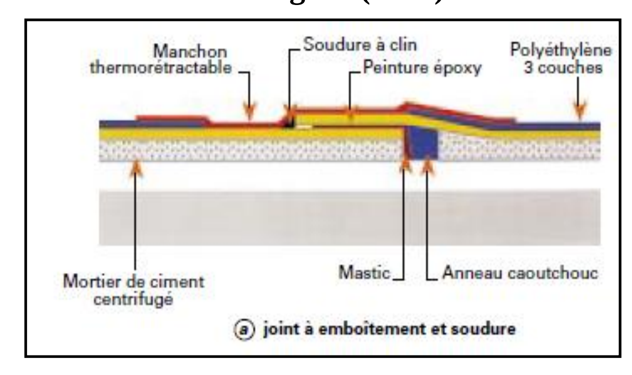


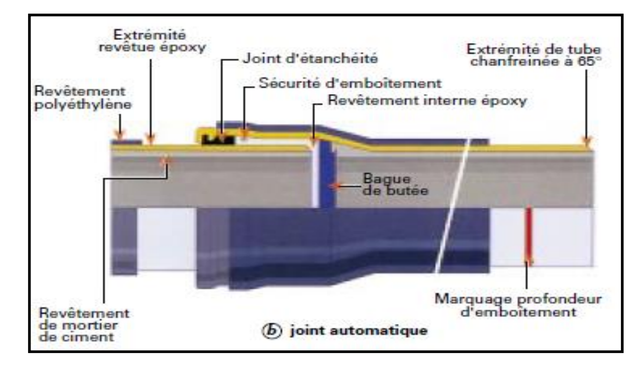
3. **L'assemblage :** Les assemblages se font avec ou sans soudure.

❖ **Assemblage avec soudure :** l'assemblage, réalisé par soudure est plus cher que les raccords pratiqués sur la fonte mais assure une bonne étanchéité ainsi qu'une continuité de la résistance mécanique et de la flexibilité de la conduite.

- joint à emboîtement avec mastic de qualité alimentaire à l'intérieur, entre l'anneau de caoutchouc de la tulipe et l'extrémité mâle de l'autre tuyau, et soudure extérieure ;
- soudure bout à bout pour les diamètres supérieurs à 450 mm, ce qui nécessite de reconstituer le revêtement intérieur au droit de la soudure.

Figure (III-5) : Joints avec soudure pour canalisations en acier

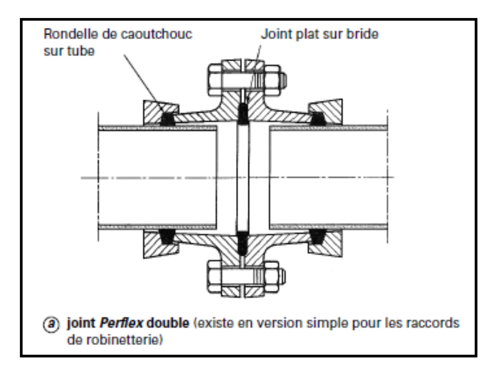


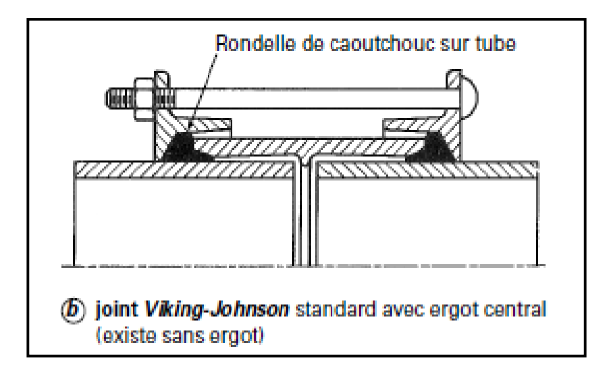


❖ **Assemblage sans soudure**

- joint automatique à emboîtement jusqu'au diamètre 300 mm ;
- joints de type mécanique à assemblage par brides, manchons d'accouplement, etc.

Figure (III-6) : Joints mécaniques pour canalisations en acier





4. **La pose :** L'absence de joint dans les grandes portions rectilignes permet une pose plus rapide que celle de la fonte.

III.2 Canalisation en béton

D'une manière générale, les tuyaux en béton utilisés sur les réseaux d'eau potable ont une bonne résistance mécanique, comportent une épaisseur importante de béton renfoncée en son milieu par des armatures d'acier. Cette armature peut être constituée :

- D'un tube médian complet en acier qui assure l'étanchéité du tuyau (tuyau âme – tôle). Le tuyau à âme en tôle est donc un tuyau à tube médian en tôle d'acier avec double revêtement en béton armé. Il se compose :
  1. D'un tube médian en tôle d'acier soudée
  2. D'un revêtement extérieur en béton armé
  3. D'un revêtement intérieur en béton

Le tuyau à âme en tôle d'acier de plus en plus utilisé notamment dans les gros diamètres en raison de son prix relatif, de sa passivité, de sa faible corrosivité et de sa longévité.

- De fils disposés longitudinalement et circonférenciellement tendus ou non ; dans ce cas, l'étanchéité n'est réellement assurées que par le béton.

Figure (III-7) : Conduites en béton en tôle et en fils

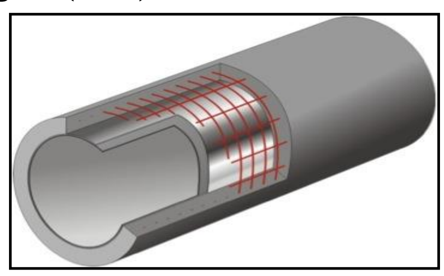
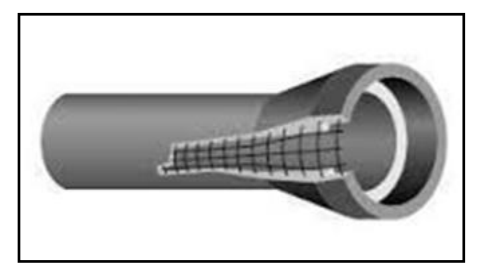
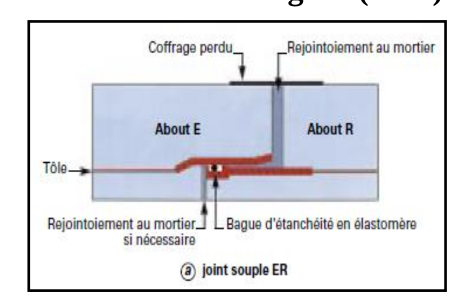




Figure (III-8) : Aptitude aux techniques de pose sans tranchée des conduites en béton




1. **Diamètres** varient de 250 à 4 000 mm. Jusqu'au diamètre 1 250 mm, la longueur des tuyaux est le plus souvent de 6 m. Elle est de 5 m jusqu'au diamètre 1 800 mm et diminue en fonction du diamètre jusqu'à 2 m pour le 4 000 mm.
2. **Assemblage :** les tuyaux en béton , utilisés pour des diamètres de 400 à 4000 mm, ont un tube médian en acier mince terminé par des bagues d'about pour permettre leur assemblage soit par joints soudés et rejointement au mortier, soit par des joints à garniture en élastomère(petits diamètres). Dans le cas des joints soudés, l'acier garantit l'étanchéité absolue et immédiate de la conduite et participe à sa résistance mécanique.

Figure (III-9) : Joints pour tuyaux à âme en tôle



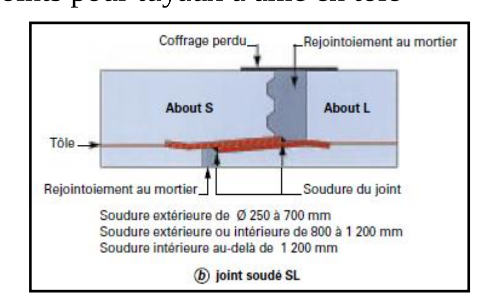
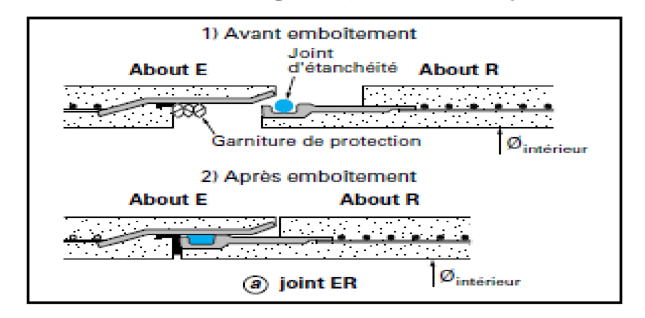
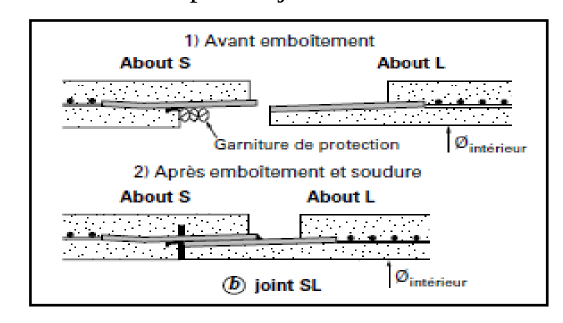


Figure (III-10) : Tuyaux à âme en tôle. Principe des joints ER et SL





3. **Tenue à la corrosion** : Le béton assure quant à lui une protection contre la corrosion intérieure et extérieure.
4. **Le coût** : le coût hors pose est moins élevé que celui du PVC au-delà de 300 mm de diamètre. L'inconvénient du béton et qu'il peut affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau par relargage de produits (retardateur de prise, antigel...).

III.4 Canalisation en PVC, PE et PEHD

Ce sont, à l'aube du XXIe siècle, les tuyaux qui dominent le marché du petit et moyen diamètres en raison de leur faible rugosité, de leur inertie, des facilités de pose adaptées à chaque type et d'un coût global (produit + pose) généralement intéressant. On distingue :

- les polychlorures de vinyle (PVC), rigides ;
- les polyéthylènes (PE), plus ou moins souples ;

1. **Le PVC :** Le polychlorure de vinyle à une bonne résistance à la corrosion et sa flexibilité permet de mieux résister aux mouvements de terrain. Il présente une forte inertie électrique. Sa tenue mécanique sous chaussées en ville et sa longévité dans le temps se sont avérées très satisfaisantes. Par contre, le PVC se dégrade à la lumière et au gel.
   1. **Diamètres :** Si les diamètres prévus vont de 20 à 800 mm, on utilise surtout le PVC entre 50 et 400 mm. Il est disponible à des longueurs variés avec des séries de pressions nominales de : 6, 10, 16, et 25 bar.

Figure (III-10) : Tuyaux en PVC



   2. **Raccords :** Les tubes PVC sont de type à bout lisse et emboîtement à joint ce qui permet d'assurer l'assemblage des tubes entre eux. Leur longueur normale est de 6 m.
   Les raccords entre tubes sont faciles : le collage (aujourd'hui abandonné car il entraine des fuites) et l'emboitement avec des joints en élastomère (caoutchouc). Ainsi que les conduites peuvent être assemblées par d'autres systèmes mécaniques (Té, coudes, manchons, réductions …).

Figure (III-11) : Raccord à joint élastomère



   3. **La pose :** la légèreté du matériau facilité sa pose donc en réduit le coût.

2. **Le PE :** Le polyéthylène est un polymère thermoplastique, non cassant, plus ou moins souple, résistant aux chocs, et fortement inerte chimiquement. Pour les tuyaux d'eau potable, on ne doit faire appel qu'à du polyéthylène pur (non recyclé), avec 2 % environ de noir de carbone et

moins de 1 % d'adjuvant. Le stockage doit se faire au sec, à température inférieure à 60°C et à l'abri des rayons ultraviolets.

Le polyéthylène se devise en deux classes selon le procédé de fabrication et les additifs utilisés : le PE haute densité (PEhd) et le PE basse densité (PEbd), plus souple et moins cher.

1. **Tenue à la corrosion et aux ultraviolets :** Il est inerte chimiquement et donc ne se corrode pas. Il résiste aux ultraviolets (UV) grâce au noir de carbone et est reconnaissable par sa liseré bleu spécifique à l'eau potable.
2. **Diamètres :** Les diamètres peuvent aller jusqu'à 2500 mm .Pour les petits diamètres, le PE peut s'enrouler en couronne sur des centaines de mètres ce qui permet de diminuer le nombre de raccords et donc le risque de fuites. Les PE existent couramment dans les diamètres allant de 20 mm au 63 mm pour les branchements, en couronnes ou en longueurs droites, en PN 10 ou PN 16 (PN : pression nominale) ;
3. Les diamètres peuvent aller jusqu'à 2500 mm .Pour les petits diamètres, le PE peut s'enrouler en couronne sur des centaines de mètres ce qui permet de diminuer le nombre de raccords et donc le risque de fuites.

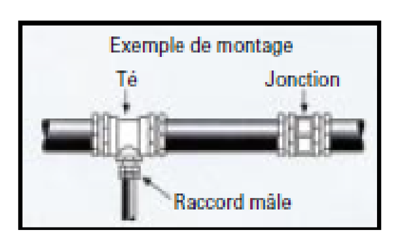
Figure (III-12) : Conduites en PEHD



4. **Raccords :** demandent un savoir faire spécifique car le collage n'est pas possible : il faut une fusion. Elle se fait par soudure bout à bout (au miroir) pour les diamètres <315mm et par élécrofusion pour les diamètres inferieur. La soudure bout à bout à une meilleur résistance mécanique mais sa mise en œuvre sur le terrain est plus lourde.

Figure (III-13) : Raccordements des tuyaux en polyéthylène

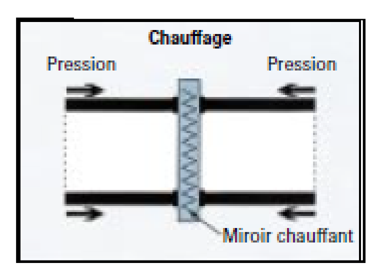
Raccords mécaniques pour PE

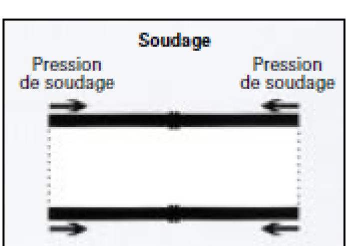


Electro-soudage sur PE



Soudage bout à bout (dit "au miroir") sur PE





5. **La pose :** Sa souplesse lui donne également une grande adaptabilité au sol et une grande résistance au choc mais peut-en contre partie entraîner des risques d'ovalisation pour les plus grands diamètres.

6. **Le coût :** Le PE est plus cher que le PVC et de l'ordre se grandeur de la fonte (hors pose) .

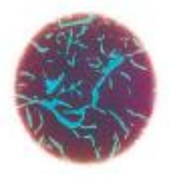
III.4 Canalisation en fonte

Le terme de "fonte" recouvre une large variété d'alliages de fer, carbone et silice. Depuis la fin du XIXe siècle, la fonte a été sans doute un des premiers matériaux de canalisations et un des plus répandus dans le monde pour véhiculer l'eau de distribution publique. Différents types :

Fonte grise

Leur inconvénient principal réside dans leur fragilité vis-à-vis des mouvements de terrain, des coups de bélier et des surcharges occasionnées par les transports routiers dans les voies où elles sont posées. En effet, dans la fonte « grise », le carbone se présentait sous forme de lamelles qui rendaient le matériau cassant (Formation de fissures).

Figure (III-14) : Fonte grise à paillettes de carbone



La fonte grise possède les caractéristiques suivantes:

- résistance à la compression
- aptitude au moulage
- résistance à l'abrasion
- usinabilité
- résistance à la fatigue

Fonte ductile (1,7% à 5% de carbone)

La **fonte ductile** à graphite sphéroïdal constitue le matériau moderne actuel ; elle élimine totalement les défauts de la fonte grise. Le matériau n'est plus fragile, mais « ductile » et résistant.

Découverte en 1943, la fonte ductile est produite grâce à l'ajout d'une certaine quantité de magnésium à la fonte grise de base d'excellente qualité qui provoque la cristallisation du carbone sous forme de sphères également appelés nodules. C'est un procédé qui lui confère des propriétés exceptionnelles en termes de résistance mécanique et de flexion. La fonte ductile, une véritable innovation technologique.

Figure (III-15) : Ajout du Magnésium à la fonte grise



Dans la fonte ductile, les particules de graphite apparaissent comme de petites sphères (Fonte à graphite sphéroïdale) qui éliminent tout risque de propagation des ruptures ou des fissures. Elle est «ductile» et résistante.

Figure (III-16) : Fonte ductile à graphite sphéroïdal



La fonte ductile a une structure différente de celle de la fonte grise et présente les caractéristiques complémentaires suivantes:

- haute limite élastique
- résistance à la traction
- résistance aux chocs
- allongement important

1. **Diamètres :** Les diamètres courants vont de 60 à 1 200 mm, la gamme de 80 à 600 mm étant la plus utilisée pour les réseaux d'eau potable. Cependant des diamètres allant jusqu'à 2 000 mm peuvent être fournis.

Figure (III-17) : conduites en fonte




2. **Revêtement :** Pour éviter la corrosion, elle est revêtue intérieurement de mortier de ciment et extérieurement de zinc métallique projetée d'au moins 130 g/m^2 et de peinture bitumineuse. Lorsque l'eau est agressive, les revêtements sont renforcés.
   Pour les terrains corrosifs, on peut aussi faire appel à des revêtements organiques spéciaux en polyéthylène ou en polyuréthane appliqués en usine par extrusion, selon les diamètres ; les raccords et pièces sont alors revêtus d'époxy.
3. **Les raccords :** Les raccords entre tuyaux se font par emboitement avec joint élastomères, tous les 6 à 8 m (selon le diamètre). Ces joints permettent des orientations angulaires importantes mais exigent des butées en béton ou des systèmes de verrouillage adaptés pour les changements de direction.
   Les longueurs de tuyaux sont assemblées par des joints non verrouillés, verrouillés ou à brides. Les joints verrouillés permettent une autobutée des canalisations, évitant des massifs en béton lourds, encombrants et longs à réaliser. Les joints les plus couramment utilisés sont :
   - le joint express (verrouillé ou non) ;
   - le joint standard (verrouillé ou non) ;
   - les joints automatiques verrouillés ;
   - le joint à brides (fixe ou orientable).

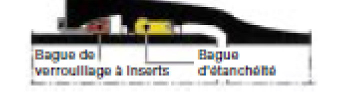
Figure (III-18) : Joints pour canalisations en fonte



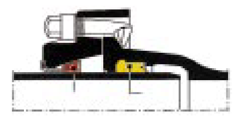
Joint express DN 60 à 1000



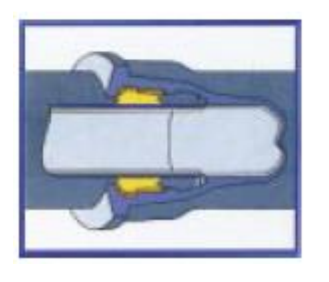
Joint express Vi DN 60 à 300



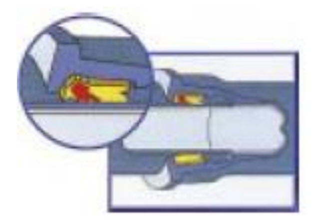
Joint universal standard Vi DN 350 à 600



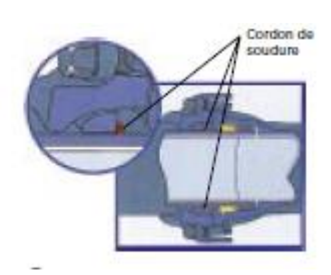
joint standard Vi DN 350 à 600



Joint standard DN 60 à 2000



Joint standard Vi
DN 60 à 300



Joint automatique verrouillé à cordon de soudure



Joint à brides (rondelle à inserts métalliques) au-delà de Ø 700 mm, on utilise des brides fixes

Les pièces spéciales comprennent les coudes, tés, cônes, manchons droits, bouts d'extrémité, plaques pleines, etc.

Selon les diamètres et les types de joints, une certaine déviation est admise à la pose variant de 1 à 5o.

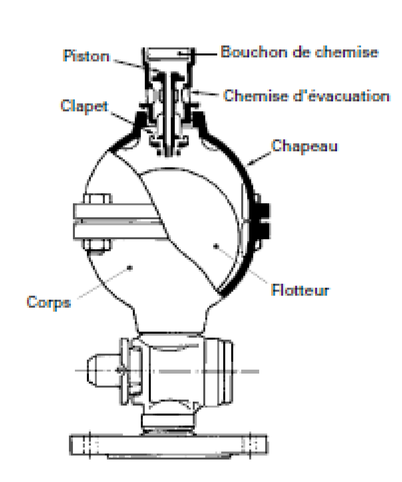
4. **La pose :** l'installation de la fonte nécessite un remblai plus soigné que pour l'acier.
5. **Le coût :** Par rapport au PVC, les coûts de manutention sont plus chers car la fonte est plus lourde, tout comme les coûts hors pose pour les diamètres < 400 mm
6. **Un matériau entièrement recyclable :** La fonte ductile peut être réutilisée à 100 % c'est-à-dire sans limite, ni dégradation de propriétés comme matière première des filières de fusion métallurgique classiques (haut fourneau, cubilot, ...).

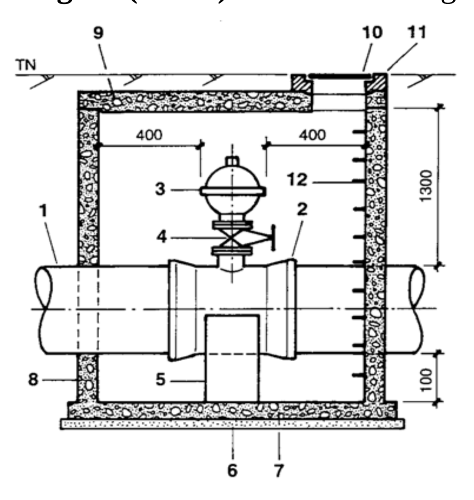
Dispositions pratiques

1. **Equipements**

➢ Placer aux **points hauts** des **purges d'air** et **ventouses :** Une accumulation d'air peut se faire aux points hauts d'une conduite. La poche d'air provoque des perturbations à éviter : diminution de la section, arrêt complet des débits, diminution de la pression, coups de bélier. L'évacuation de l'air se fait par l'intermédiaire d'une ventouse qui peut être manuelle ou automatique.

Figure (III-19) : Ventouse et regards de ventouse



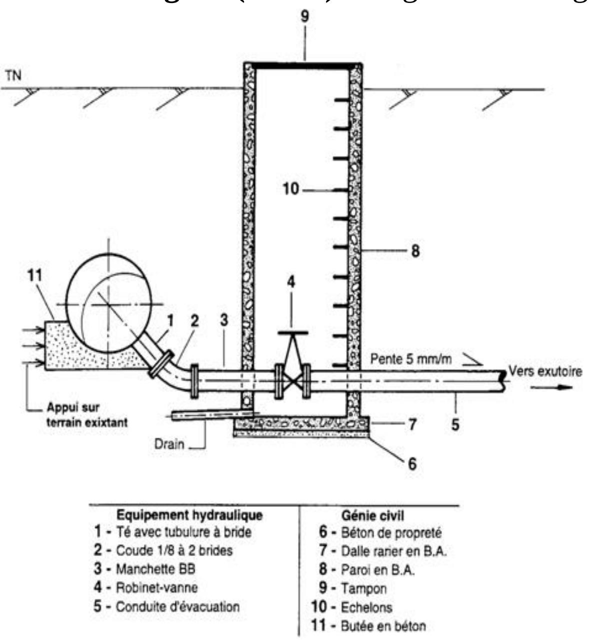


Equipement hydraulique
1 - Conduite principale
2 - Té à 2 emboîtements avec tubulure à bride
3 - Ventouse automatique
4 - Robinet-vanne d'isolement

Génie civil
5 - Support en béton
6 - Béton de propreté
7 - Dalle radier en B.A.
8 - Paroi en B.A.
9 - Dalle de couverture en B.A.
10 - Tampon (ventilé) pour trafic léger ou lourd
11 - Cadre en B.A. pour le tampon
12 - Echelons

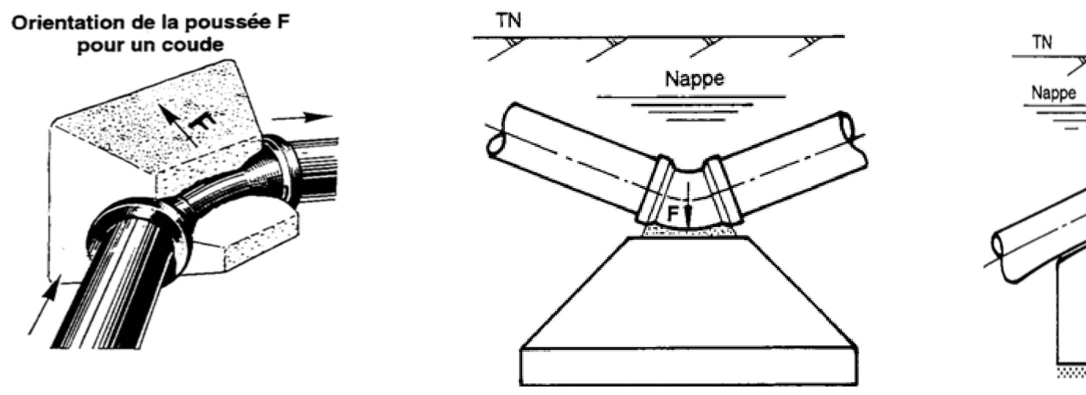
- Placer aux **points bas** des **vidanges**

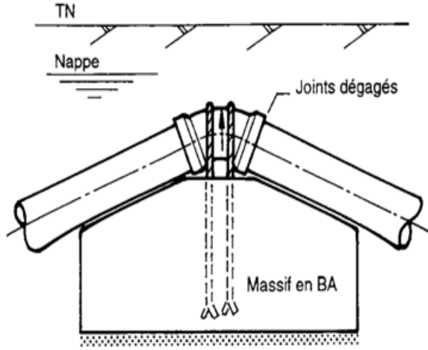
Figure (III-20) : Regards : Vidange



- Placer des **butées aux angles** et **changements de direction**

Figure (III-21) : conduites en fonte



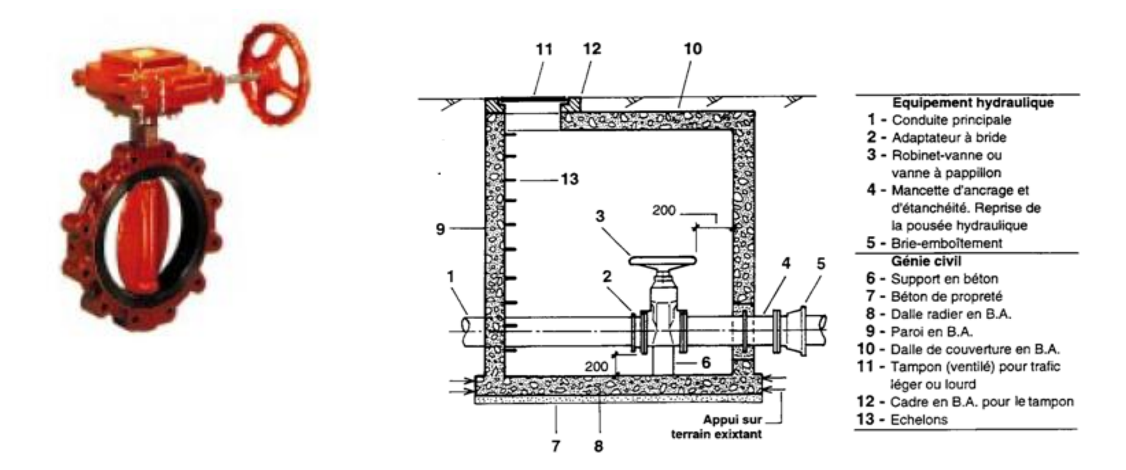


- **appareils de robinetterie : vannes, clapets ;**

Figure (III-22) : Clapet anti retour



Figure (III-23) : Vanne papillon et chambre de vanne

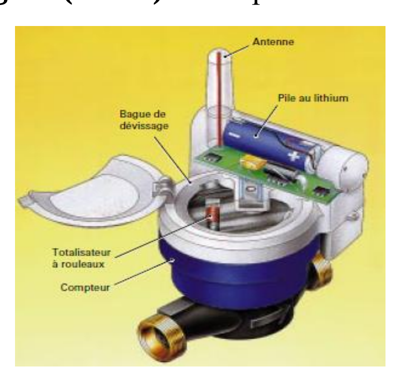


- **appareils de mesure : compteurs, débitmètres ;**

Figure (III-24) : Débit mètre



Figure (III-25) : Compteur d'eau



- **appareils de fontainerie : bouches d'incendie.**

Figure (III-26) : Bouche d'incendie



2. Pentes

- Réduire au plus possible les changements de pente
- Assurer des pentes minimales de 0,3%
- Sur profil horizontal, adopter des pentes de :
  - 0,2 % à 0,3 % en ascension sur 100 m
  - 0,4 % à 0,6 % en descente sur 50 m

3. Normes de pose

- Les conduites se posent généralement en terre, dans une fouille dont le fond a été réglé et nivelé conformément au profil en long définitif de la conduite. Ce fond est garni d'un lit de sable de 15 à 20 cm d'épaisseur au minimum, destiné à constituer un matelas élastique au-dessous du tuyau.

- On admet une **profondeur moyenne** $\boldsymbol{h=1m}$ et qui oscille dans l'intervalle $0,8m \leq h \leq 5[m]$. Les relations suivantes sont souvent utilisées :

$$\begin{cases} l \geq D_{(m)} + 0,4 \text{ à } 0,6 \\ h \geq D_{(m)} + 0,5 \text{ à } 0,8 \end{cases}$$

